

EVALUACIÓN AGRONÓMICA DE COMPOSTS DE RESIDUOS ORGÁNICOS COMO ENMIENDAS DE SUELOS CULTIVADOS

QUENUM, L.⁽¹⁾; ABAD, M.⁽¹⁾ Y POMARES, F.⁽²⁾

⁽¹⁾ Dpto. de Producción Vegetal, Universidad Politécnica de Valencia (UPV)

⁽²⁾ Instituto Valenciano de Investigaciones Agraria (IVIA)
E-mail: leoedmond@yahoo.es

RESUMEN

Se ha estudiado el efecto de dos composts con orígenes diferentes -purín de cerdo o restos de fanerógamas marinas-, a dosis de 0, 15 y 30 t de materia orgánica/ha, respectivamente, sobre las propiedades de un suelo bajo cultivo y sobre el crecimiento y la productividad de guisante (*Pisum sativum* var. *vulgare*), rábano (*Raphanus sativus*) y lechuga (*Lactuca sativa* var. *longifolia*) cultivados en contenedor. Las propiedades físicas del suelo se vieron mejoradas por la adición de compost. La porosidad total aumentó al hacerlo la dosis aplicada, independientemente del compost utilizado. La capacidad de retención de agua disponible fue significativamente superior cuando se aportó compost de purín, pero no se vio afectada por la dosis del mismo. Además, la adición de compost al suelo (especialmente de purín) aumentó el contenido en materia orgánica y en macronutrientes fertilizantes. Por otra parte, el compost de purín tuvo un efecto positivo y altamente significativo sobre el crecimiento de las plantas y la productividad del guisante, mientras que el compost de fanerógamas lo tuvo sobre el rábano, aunque de manera menos marcada. En lechuga, la adición de compost, su origen y la dosis aplicada tuvo un efecto menos consistente y significativo. Consecuentemente, estos dos composts constituyen unos materiales a tener en cuenta en la fertilización orgánica de los suelos agrícolas.

PALABRAS CLAVE: PURÍN DE CERDO, FANERÓGAMAS MARINAS, VALORIZACIÓN DE RESIDUOS, SUELO AGRÍCOLA, *PISUM SATIVUM*, *RAPHANUS SATIVUS*, *LACTUCA SATIVA*, AGRICULTURA SOSTENIBLE

1 ► INTRODUCCIÓN

Numerosas actividades de producción y consumo dan como resultado la generación y acumulación de grandes cantidades de residuos orgánicos (Abad y Puchades, 2002; Climent *et al.*, 1996). Estos residuos tienen un fuerte impacto sobre el medio ambiente, contaminando la atmósfera, el suelo y las aguas (superficiales y subterráneas).

El purín de cerdo es uno de los principales residuos de origen ganadero, por su elevado nivel de producción y fuerte impacto medioambiental. La producción de purines en la Comunidad Valenciana se estima en unos 2.100.000 t/año, siendo la provincia de Castellón la principal productora (especialmente las comarcas Alt Maestrat, Baix Maestrat, La Plana Alta y Els Ports) (Diputación Provincial de Valencia, 2000). Por otro lado, las playas son zonas donde se ralentiza la dinámica litoral y, por tanto, donde se deposita y acumula el material transportado en suspensión por el mar. Los arribazones de restos vegetales que se acumulan periódicamente en las costas del Mediterráneo corresponden, en su mayoría, a hojas de la fanerógama marina *Posidonia oceanica* (L.) Delile (Hemminga and Duarte, 2000). Baste citar, por ejemplo, que solamente las costas del término municipal de Dénia (Alicante) reciben restos de fanerógamas y algas marinas en una cuantía de 15.000 m³/año, aproximadamente (Orquín *et al.*, 2001). Las playas afectadas por este fenómeno requieren la recogida de estos restos para evitar su acumulación e importante impacto turístico.

Entre los diferentes métodos de reciclado y adecuación de los residuos orgánicos para fines hortícolas destaca el compostaje, que permite la transformación de los mismos en un material maduro, estable e higienizado, con un alto contenido en materia orgánica y componentes húmicos -denominado compost-, el cual puede ser utilizado sin riesgo de daños en Agricultura -por ser inocuo y no contener sustancias fitotóxicas-, favoreciendo el crecimiento y el desarrollo de las plantas. Además, debe poder almacenarse sin que sufra alteraciones posteriores (Golueke, 1972; Hoitink and Fahy, 1986).

El aprovechamiento del compost como enmienda húmica de los suelos agrícolas, como abono orgánico para las plantas cultivadas y/o como sustrato o componente de sustratos para el cultivo sin suelo, constituyen algunas de las opciones de valorización -valorización agrícola- más satisfactorias (Abad *et al.*, 1997, 2001; Ingelmo *et al.*, 1998), reportando un doble beneficio:

- Ambiental, al eliminarse los residuos sin alteración del equilibrio ecológico
- Agrícola, al recuperarse y aprovecharse la materia orgánica y los elementos fertilizantes contenidos en los mencionados residuos.

El objetivo de este trabajo fue estudiar el efecto de dos composts con orígenes diferentes -purín de cerdo o fanerógamas marinas- sobre las propiedades de un suelo y sobre el crecimiento y la productividad de tres especies hortícolas cultivadas en contenedor.

2 ► MATERIALES Y MÉTODOS

Materiales utilizados y diseño del experimento

Se han estudiado dos composts con orígenes diferentes: 1) Fracción sólida de purín de cerdo compostada -compost de purín-, obtenido por la empresa U.T.E. TETMA-URBASER en la Zona de Investigación de la Planta de Compostaje de Vall d'Alba (Castellón); y, 2) Compost de fanerógamas marinas con restos vegetales de jardinería 50:50 (v:v), obtenido en la Zona de Investigación de la Planta de Compostaje del M.I. Ayuntamiento de Dénia (Alicante). En ambos casos se utilizó un sistema dinámico de compostaje, con volteo periódico de los montones (mezclas) de residuos. Las características físico-químicas y la composición de estos dos composts se muestran en la Tabla 1.

Tabla 1. Características físico-químicas y composición de los composts^(z)

PARÁMETRO	FANERÓGAMAS	PURÍN
pH (suspensión acuosa 1/10, p/p)	8,54	7,07
Conductividad eléctrica (extracto 1/10, p/p; dS m ⁻¹)	3,09	5,79
Materia orgánica total (%)	32,5	61,2
Relación C/N	18,4	10,8
N (%)	0,96	2,93
P ₂ O ₅ (%)	0,34	6,29
K ₂ O (%)	0,86	2,22
Ca (%)	13,56	7,08
Mg (%)	1,22	0,65

^(z) Fuente: Pasamar (2002)

El suelo empleado en la presente investigación procedía de una finca de secano, sin cultivar, ubicada en la provincia de Alicante, mostrándose en la Tabla 2 el análisis del mismo. El experimento se llevó a cabo al aire libre -en una parcela situada en el campus de la Universidad Politécnica de Valencia-, empleando contenedores de cultivo de plástico negro y forma tronco-cónica, de ϕ 40 cm y 35 l de capacidad. Se estudiaron 6 tratamientos diferentes, resultantes de la combinación factorial de 2 tipos de compost (purín compostado vs. compost de fanerógamas) x 3 dosis de aplicación de los composts (equivalentes a 0, 15 y

30 t de materia orgánica/ha, respectivamente). Tras mezclar homogéneamente el suelo con las cantidades correspondientes de compost se procedió a llenar los contenedores, que se dispusieron según un dispositivo experimental de bloques al azar, con 4 repeticiones de 5 contenedores cada una por tratamiento.

Tabla 2. Análisis mecánico, físico-químico y químico del suelo ^(z)

PARÁMETRO	VALOR
Textura	Arcillosa ligera
pH (suspensión acuosa 1/2,5 p/v)	8,13
Conductividad eléctrica (extracto 1/2,5 p/v; dS m ⁻¹)	0,373
Capacidad de intercambio catiónico (meq/100g)	14,4
Materia orgánica (%)	1,32
Nitrógeno total (%)	0,075
Relación C/N	10,2
Fósforo asimilable (mg P ₂ O ₅ /100g)	2,38
Potasio asimilable (mg K ₂ O/100g)	11,04
Calcio (%)	12,89
Magnesio (%)	0,80
Sodio (%)	0,045
Caliza total (CaCO ₃ ,%)	33,5
Cal activa (CaCO ₃ ,%)	9,7

^(z) **Fuente:** Pasamar (2002)

Sobre las mezclas de suelo y compost se establecieron 3 cultivos sucesivos de hortalizas: 1) Guisante (*Pisum sativum* var. *vulgare*, cv. “Rondó Selección”), 2) Rábano (*Raphanus sativus*, cv. “Redondo Escarlata”), y 3) Lechuga (*Lactuca sativa* var. *longifolia*, cv. “Valladolid-Tordesillas”). Las labores culturales más significativas realizadas en las tres especies estudiadas se detallan en la Tabla 3.

Además del aporte de compost, los suelos se abonaron con nitrógeno, fósforo y potasio –según indica Maroto (2002)–, aplicados como abonado de fondo y de corbertera (Tabla 4), de manera que todos los contenedores recibieron la misma cantidad de abono. Como fertilizantes

N, P y K se emplearon nitrato amónico (33,5% N), superfosfato de cal (18% P₂O₅) y sulfato de potasa (50% K₂O), respectivamente. Los riegos se llevaron a cabo con un sistema de riego por goteo automatizado, que se programó a la demanda.

Tabla 3. Labores culturales realizadas y momento de aplicación

CULTIVO	SIEMBRA EN BANDEJA	TRASPLANTE	SIEMBRA DIRECTA	RECOLECCIÓN
Guisante	12/01/2001	08/02/2001	–	Precoz: 22/03/2001 Final: 13/04/2001
Rábano	–	–	17/04/2001	24/05/2001
Lechuga	13/09/2001	03/10/2001	–	22/11/2001

Tabla 4. Dosis de fertilizantes aplicadas

EL. FERTILIZANTE	GUISANTE	RÁBANO	LECHUGA
Nitrógeno, Kg N / ha	25	75	120*
Fósforo, Kg P ₂ O ₅ / ha	100	75	100
Potasio, Kg K ₂ O / ha	120	75	150

* El nitrógeno se fraccionó entre fondo y dos coberteras.
El fósforo y el potasio se aplicaron como abonos de fondo

Al final del experimento se determinaron las propiedades físicas, físico-químicas y químicas de los diferentes suelos, según se detalla más abajo. La recolección de la cosecha de cada cultivo se realizó cuando ésta alcanzó la madurez comercial, controlándose el peso de la biomasa aérea y de la cosecha (la correspondiente a las primeras vainas formadas) en el guisante, el diámetro de la raíz y el peso de la planta en el rábano, y la superficie de la hoja más desarrollada y el peso del cogollo en la lechuga.

Métodos de análisis

• Propiedades físicas

La densidad aparente (DA, Kg/m³), la densidad real (DR, Kg/m³) y el espacio poroso total (EPT,% v/v) se determinaron según los Métodos Oficiales de Análisis de Suelos (MAPA, 1994), utilizando un cilindro muestreador de ϕ 7,6 cm y 7,6 cm de altura, picnometría de

agua, y la ecuación $EPT = (1 - DA/DR) \times 100$, respectivamente. Para construir la curva característica de humedad se utilizaron anillas metálicas cilíndricas de ϕ 53,7 mm y 30 mm de altura (volumen \approx 68 cm³) -conteniendo muestras de suelo inalteradas-, que se introdujeron en los embudos del dispositivo de De Boodt *et al.* (1974), para bajas tensiones (\leq 10 kPa), y se trasladaron posteriormente a un equipo de placa de presión (Richards, 1982), para tensiones superiores (10-1.500 kPa).

• Propiedades físico-químicas y químicas

El pH se determinó en una suspensión suelo/agua 1/2,5 (p/v), y la conductividad eléctrica (CE) en el extracto obtenido tras filtración. Los contenidos en materia orgánica (MO) oxidable, N total y K asimilable (extraído con acetato amónico) se determinaron según los Métodos Oficiales de Análisis de Suelos (MAPA, 1994). La determinación de los elementos minerales P, Ca, Mg y Na se realizó mediante espectrometría de emisión por plasma acoplado inductivamente (ICP-AES) tras digestión nítrico-perclórica de las muestras. El nitrógeno asimilable $-\text{NO}_3^-$ y NH_4^+ se extrajo con KCl 2M y se determinó mediante destilación con MgO y aleación Devarda.

Análisis estadístico de los datos

Para el análisis estadístico de los resultados se ha realizado un análisis de la varianza multifactorial, utilizando el paquete Statgraphics® Plus 4.0 para Windows. La significación de las diferencias entre las medias de los diferentes grupos o niveles establecidos se ha determinado mediante el test de Newman-Keuls o de LSD ($P \leq 0,05$).

3 ► RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El aprovechamiento y la utilización del compost de residuos orgánicos en Agricultura presenta dos aspectos de estudio fundamentales: el efecto sobre el suelo y sobre la planta, estando ambos fuertemente relacionados (Aguilar y González, 1998).

Efectos sobre las propiedades físicas del suelo

La conservación del suelo agrícola ha pasado a ser uno de los problemas más importantes de la agricultura en zonas áridas y semiáridas mediterráneas, donde las condiciones climáticas -junto con desafortunadas actuaciones antrópicas- ocasionan niveles de erosión que están disminuyendo de manera drástica y preocupante el potencial productivo de nuestros suelos (Forteza *et al.*, 1995). En el presente trabajo se ha estudiado el efecto -a nivel físico- de una técnica de conservación del suelo, basada en la aplicación de compost de residuos orgánicos.

Los resultados se presentan en las Tablas 5 a 7 y en la Figura 1.

El compost de fanerógamas marinas redujo la densidad aparente del suelo en una cuantía significativamente superior al purín compostado (1.192 vs. 1.232 Kg/m³, resp.) (Tabla 5). Esta reducción fue tanto más marcada cuanto más elevada fue la dosis de compost aportada (disminución del 4% y del 7% respecto al testigo sin tratar para las dosis 1 y 2, resp.). La disminución de la densidad aparente a corto plazo es debida al efecto de dilución resultante de la mezcla de materia orgánica, de baja densidad aparente, con materia mineral, de densidad aparente mucho más elevada (Khaleel *et al.*, 1981; Aguilar y González, 1998). La menor densidad aparente favorecerá la estructura del suelo, facilitando la circulación del agua y el aire en el mismo, la emergencia de la plántula y el enraizamiento posterior de la planta.

Tabla 5. Efectos principales de los tratamientos a base de compost sobre algunas propiedades físicas del suelo

EFFECTO PRINCIPAL DEL TRATAMIENTO	DENSIDAD APARENTE (Kg/m ³)	DENSIDAD REAL (Kg/m ³)	ESPACIO POROSO TOTAL (% V/V)
A. Tipo de compost			
Fanerógamas	1.192	2.475	51,47
Purín	1.232	2.601	52,95
P ^z	*	***	NS
B. Dosis de compost			
Testigo	1.253 a	2.522	50,27 a
1	1.207 ab	2.547	52,55 b
2	1.176 b	2.546	53,82 b
P	**	NS	**
C. Interacción A x B			
	NS	*	NS

Dosis 1 y 2: 15 y 30 t de materia orgánica/ha, respectivamente

(^z) P: Nivel de significación. NS, *, **, ***: No significativo o significativo a $P \leq 0,05$, 0,01 ó 0,001, respectivamente. Valores en columna sin subíndice común difieren significativamente a $P \leq 0,05$

La densidad real del suelo que había recibido purín compostado fue significativamente superior a la de aquel al que se aportó compost de fanerógamas marinas (2.601 frente a 2.475 Kg/m³, respectivamente), no apreciándose influencia estadísticamente significativa de la dosis de aplicación de los composts. La densidad real es un parámetro esencial para la estimación de la porosidad del suelo, a la que afecta de manera inversa.

El compost de purín aumentó la porosidad del suelo en una cuantía superior al compost de fanerógamas, aunque las diferencias no llegaron a alcanzar los niveles de significación estadística. Por el contrario, el aumento de la dosis de compost incrementó significativamente la porosidad en comparación con el testigo sin tratar, encontrándose un efecto de saturación en la respuesta. La influencia de los composts en la porosidad estuvo más relacionada con sus efectos sobre la densidad aparente que con sus efectos sobre la densidad real. Sería interesante profundizar en el estudio de la morfología del espacio poroso -con objeto de clasificar los poros según su tamaño, forma, abundancia y continuidad-, ya que sólo así se conseguirá una visión global del funcionamiento del sistema edáfico.

Las curvas características de humedad de los suelos sometidos a los diferentes tratamientos se presentan en la Figura 1.

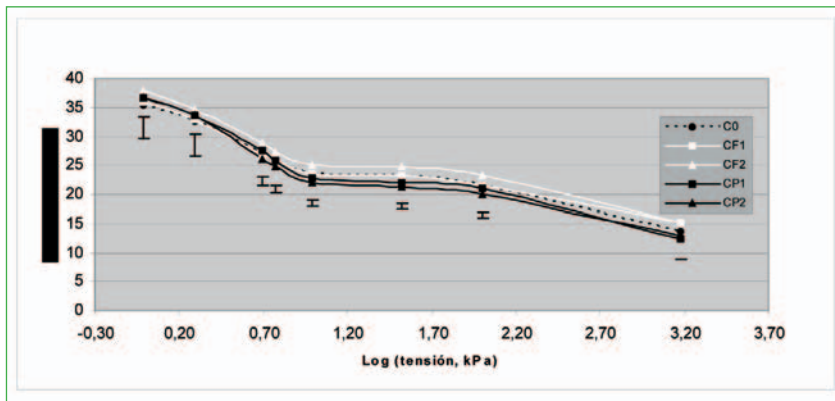


Figura 1. Curvas características de humedad de los suelos sometidos a los diferentes Tratamientos estudiados. Las barras verticales indican el error estándar de la media. C0: Testigo; CF: Compost de fanerógamas; CP: Compost de purín; Dosis 1 y 2: 15 y 30 t de materia orgánica/ha, respectivamente.

En ella se representa la variación del contenido de humedad en base seca (θ , en%) en función del logaritmo de la succión o tensión a la que se somete el material (h , en kPa). El ajuste de los datos experimentales se ha realizado utilizando la ecuación propuesta por Van Genuchten (1980). Las curvas presentaron una cinética prácticamente similar, apreciándose escasas diferencias entre las mismas, tal y como se indica más abajo. Los parámetros obtenidos tras ajustar los datos experimentales al modelo son: θ_r (contenido de humedad residual, que se corresponde con el punto de marchitamiento permanente), α , m , y n (el modelo considera $m = 1-1/n$). Los valores de los parámetros conseguidos tras el ajuste de las cinco muestras de suelo estudiadas se muestran en la Tabla 6, observándose la bondad del modelo para todos los casos ($R^2 \geq 0,9380$). Los datos estadísticos obtenidos de los ajustes a la ecuación de Van Genuchten (datos no presentados) indican que -en algunos casos- el modelo puede simplificarse, omitiéndose algunos parámetros.

Tabla 6. Parámetros obtenidos del ajuste a la ecuación de Van Genuchten

TRATAMIENTO	Θ_R (% SMS)	A (cm^{-1})	N	R ²
CO	11,155	0,7754	1,2594	0,9404
CF1	11,293	0,7849	1,2751	0,9397
CF2	13,337	0,7754	1,4066	0,9438
CP1	12,630	1,2052	1,2658	0,9380
CP2	14,442	0,7636	1,2716	0,9404

CO: Testigo; CF: Compost de fanerógamas; CP: Compost de purín; Dosis 1 y 2: 15 y 30 t de materia orgánica/ha

Tabla 7. Efectos de los tratamientos a base de compost sobre el agua retenida a diferentes tensiones

EFECTO PRINCIPAL DEL TRATAMIENTO	AGUA RETENIDA (% SMS) A (KPA)			AGUA DISPONIBLE (% SMS)
	1	33	1.500	
A. Tipo de compost				
Fanerógamas	26,89	22,21	14,48	7,73
Purín	27,66	23,81	12,88	10,93
p ²	*	NS	*	*
B. Dosis de compost				
Testigo	25,63 a	23,26	13,57	9,69
1	27,65 b	22,69	13,59	9,10
2	28,54 c	23,08	13,88	9,20
P	***	NS	NS	NS
C. Interacción A x B	NS	NS	NS	NS

Dosis 1 y 2: 15 y 30 t de materia orgánica/ha, respectivamente.

(²) P: Nivel de significación. NS, *, ***: No significativo o significativo a $P \leq 0,05$ ó $0,001$. Valores en columna sin subíndice común difieren significativamente a $P \leq 0,05$

El valor de Θ_r debe coincidir con el porcentaje de humedad obtenido experimentalmente a 1.500 kPa. Esta condición se cumple para todos los tratamientos estudiados (Tabla 7).

La región de la curva de humedad correspondiente a potenciales matriciales elevados resulta de gran interés en relación con las propiedades de drenaje del suelo, mientras que el tramo definido por los potenciales matriciales más bajos determina la disponibilidad del agua para la planta.

En la Tabla 7 se presenta el agua retenida a 1, 33 y 1.500 kPa, respectivamente, así como la capacidad de retención de agua disponible para la planta. La diferencia entre el agua retenida a 33 y a 1.500 kPa -agua disponible- fue mayor en el tratamiento con purín compostado que en aquel con compost de fanerógamas, debido principalmente a la mayor retención de agua a bajas tensiones y al menor contenido de humedad a tensiones elevadas.

Efectos sobre las propiedades físico-químicas y químicas del suelo

En el presente trabajo se ha evaluado la potencial utilización de compost de residuos orgánicos como mejorante de las propiedades químicas del suelo. Los resultados de los análisis físico-químicos y químicos de los suelos al final del experimento se dan en la Tabla 8.

Tabla 8. Características físico-químicas y químicas del suelo tratados con compost al final del experimento

PARÁMETRO	C0	CF1	CF2	CP1	CP2	P	LSD
pH	8,27	8,14	8,18	8,41	8,34	≤ 0,01	0,05
CE (dS m ⁻¹)	0,38	0,53	0,49	0,31	0,29	≤ 0,001	0,01
MO (%)	1,50	2,35	2,86	1,98	2,79	≤ 0,001	0,05
Ntotal (%)	0,080	0,090	0,090	0,120	0,170	≤ 0,001	0,005
NH4+ (mg/100g)	1,21	1,25	1,30	1,12	2,52	≤ 0,001	0,05
NO3- (mg/100g)	0,16	0,32	0,07	1,63	78,24	≤ 0,001	0,01
P (mg/100g)	3,33	3,63	3,76	4,52	9,12	≤ 0,001	0,36
K (mg/100g)	16,92	16,51	26,10	20,50	26,10	≤ 0,001	0,34
Ca (%)	11,92	11,31	13,83	13,34	13,83	≤ 0,05	0,83
Mg (%)	0,81	0,79	0,81	0,84	0,81	NS	-
Na (%)	0,031	0,028	0,031	0,030	0,031	NS	-

CE: Conductividad eléctrica; **MO:** Materia orgánica; **C0:** Testigo; **CF:** Compost de fanerógamas; **CP:** Compost de purín; **Dosis 1 y 2:** 15 y 30 t de materia orgánica/ha, respectivamente. **NS:** No significativo

Tras los tres ciclos de cultivo se observó que la adición de compost de purín (CP) y la dosis del mismo no modificaron de modo apreciable el pH del suelo, que continuó siendo básico a pesar de que este compost presentó un pH cercano a la neutralidad (Tabla 1). Por el contrario, la conductividad eléctrica (CE) del suelo disminuyó a medida que aumentó la dosis de purín, aunque este efecto parece deberse más a la adición de compost que a la dosis utilizada. Este hecho hace prever que el aporte de compost de purín al suelo no provocará problemas de salinidad. El porcentaje de materia orgánica (MO) aumentó al hacerlo la dosis de compost, de modo que el suelo del tratamiento CP2 presentó un contenido en materia orgánica que casi duplica al del suelo C0 (control).

En general, la adición de compost de purín aumentó los niveles de nitrógeno total, nitrógeno asimilable (nitrítico + amoniacal), fósforo, potasio y calcio, mientras que los de magnesio y sodio no se vieron afectados. El contenido en nitrógeno total aumentó con la adición de compost y la dosis utilizada, y así el suelo del tratamiento CP2 duplicó su contenido en nitrógeno total respecto al testigo (C0). En lo que respecta al nitrógeno asimilable, la aportación de purín aumentó de manera altamente significativa el contenido en nitrógeno amoniacal y nitrógeno nitrítico, siendo este aumento mucho más espectacular en el caso del nitrógeno nitrítico -que se incrementó de 0,16 (C0) a 78,24 mg/100g (CP2)-, lo que podría explicarse en parte por la mineralización del nitrógeno orgánico aportado por dicho compost. Este hecho indica que la adición al suelo de dosis elevadas de purín compostado puede llegar a provocar unas pérdidas por lixiviación de N asimilable mayores que en el caso de utilizar dosis bajas de este compost, con los riesgos medioambientales que ello conllevaría. En lo que respecta a los otros dos macronutrientes (P y K), la dosis de compost aportada afectó al contenido de P en mayor cuantía que al de K. Los niveles de Ca aumentaron ligeramente con la adición de compost, pero no se vieron afectados por la cantidad de éste utilizada.

De modo general podemos indicar que (a diferencia de lo que ocurría con el purín compostado) la mezcla de suelo con compost de fanerógamas (CF1 y CF2) provocó una respuesta mucho menos marcada. Además, el comportamiento del suelo frente a la dosis utilizada fue más aleatorio. El compost de fanerógamas no modificó el pH del suelo, pero aumentó la CE y el contenido en MO, no teniendo la dosis un efecto de importancia. Los niveles de N total, N asimilable ($\text{NO}_3^- + \text{NH}_4^+$) y P no se vieron afectados por la adición de este compost ni por la dosis empleada, mientras que el contenido en K aumentó, apreciándose influencia de la dosis. En relación con los niveles de Ca, Mg y Na, no se observaron diferencias significativas entre ninguno de los tratamientos estudiados.

El efecto del compost sobre las propiedades físico-químicas y químicas del suelo fue superior cuando se aplicó purín (en comparación con el de fanerógamas), ya que aumentó de forma muy notable (e independientemente de la dosis aportada) los niveles de los macronutrientes N, P y K. Esta situación está probablemente relacionada con los mayores niveles iniciales de estos elementos fertilizantes en el purín compostado, frente al compost de fanerógamas (Tabla 1).

Efectos sobre los cultivos

Los efectos principales de la adición de diferentes dosis de compost de purín o de fanerógamas marinas sobre el crecimiento de las plantas y la productividad de los tres cultivos hortícolas estudiados (guisante, rábano y lechuga) se presentan en la Tabla 9.

Tabla 9. Efectos principales de los tratamientos a base de compost sobre el crecimiento de las plantas y la productividad de guisante, rábano y lechuga

EFECTO PRINCIPAL DEL TRATAMIENTO	GUISANTE		RÁBANO		LECHUGA	
	BIOMASA AÉREA (G/PL)	COSECHA TOTAL (G/PL)	DIÁMETRO RAÍZ (mm)	PESO PLANTA (G)	SUPERFICIE HOJA (cm ²)	PESO PLANTA (G)
A. Tipo de compost						
Fanerógamas	86,8	40,5	25,0	14,0	208,1	225,9
Purín	185,8	79,1	21,9	9,8	231,4	248,1
p ²	***	***	***	***	**	NS
B. Dosis de compost						
Testigo	86,6 a	40,6 a	23,7	12,0	208,8	226,4
1	150,8 b	64,0 b	23,1	11,6	225,6	246,4
2	171,5 b	74,7 c	23,6	12,1	224,8	238,2
P	***	***	NS	NS	NS	NS
C. Interacción A x B						
	***	***	**	***	NS	NS

Dosis 1 y 2: 15 y 30 t de materia orgánica/ha, respectivamente.

⁽²⁾ P: Nivel de significación. NS, **, ***: No significativo o significativo a $P \leq 0,01$ ó 0,001, respectivamente. Valores en columna sin subíndice común difieren significativamente a $P \leq 0,05$

Las tres especies ensayadas mostraron una respuesta diferencial tanto al tipo de compost utilizado como a la dosis de aplicación de los mismos, un resultado que, por otro lado, era previsible a priori de acuerdo con lo señalado por Aguilar y González (1998), y Climent *et al.* (1996). No obstante, la aportación de purín compostado o de compost de fanerógamas tuvo un efecto favorable sobre el crecimiento, desarrollo y productividad de las especies estudiadas, en comparación con los controles sin tratar (testigos).

Tanto el guisante como la lechuga (y muy especialmente el primero) mostraron una respuesta positiva y altamente significativa al compost de purín, mientras que el rábano

respondió de manera consistente y significativa al compost de fanerógamas marinas. Estas diferencias en la respuesta entre las tres especies hortícolas estudiadas son de difícil interpretación, ya que son muchos los factores que afectan a la misma: características específicas de cada cultivo, origen y composición del compost, efectos del mismo sobre las propiedades físicas, físico-químicas y químicas del suelo, y sistema de manejo del cultivo, principalmente.

En el guisante, y para los dos parámetros estudiados -peso de la biomasa aérea y cosecha total-, el tratamiento más efectivo fue el compost de purín, encontrándose diferencias altamente significativas con el compost de fanerógamas. En cuanto a la dosis -e independientemente del compost utilizado-, ambos parámetros fueron tanto mayores cuanto más elevada fue la dosis aplicada.

En el caso del rábano, no se apreciaron diferencias significativas entre las diferentes dosis aplicadas, pero sí entre los dos composts utilizados, siendo el de fanerógamas el que proporcionó los mejores resultados tanto en lo que respecta al diámetro de la raíz como al peso de la planta entera.

La lechuga, en cambio, mostró una respuesta menos consistente, ya que sólo la superficie de la hoja experimentó variación significativa con el tipo de compost, siendo el de purín el que provocó el mayor incremento en la superficie foliar. El peso del cogollo mostró una tendencia de variación similar a la indicada para el tamaño de la hoja, pero las diferencias no llegaron a alcanzar los niveles de significación estadística. Finalmente, el tamaño de la hoja y el peso de la planta aumentaron con las dosis de compost aplicadas, encontrándose una cinética de saturación en la respuesta y una ausencia de significación estadística en las diferencias entre las medias.

De acuerdo con todo lo anterior se puede concluir que la aplicación de compost de purín influyó de forma muy positiva sobre el guisante, mientras que el compost de fanerógamas lo hizo sobre el rábano -aunque de manera menos marcada-. En el caso de la lechuga, la adición de compost, su origen y la dosis empleada influyeron sobre el cultivo en una cuantía mucho menor.

4 ► CONCLUSIONES

La aplicación de compost de purín de cerdo o de fanerógamas marinas tuvo unos efectos positivos y altamente significativos sobre las propiedades del suelo utilizado, así como sobre las tres especies hortícolas estudiadas, en comparación con los controles sin tratar. Se encontraron diferencias marcadas en la respuesta entre los distintos parámetros estudiados, que estuvieron relacionadas con el tipo de compost empleado y la especie vegetal cultivada, principalmente.

Consecuentemente, estos dos composts constituyen -por su relación coste/eficacia- unos materiales orgánicos a tener en cuenta en la fertilización de los suelos destinados a los diferentes cultivos. La decisión sobre la utilización de compost de residuos orgánicos por parte de los agricultores dependerá, en primer lugar, de factores económicos y técnicos (precio competitivo, calidad elevada, características homogéneas, etc.), y, en segundo lugar, de consideraciones medioambientales (concienciación del agricultor).

Sería interesante y oportuno continuar los trabajos experimentales del presente proyecto con objeto de profundizar en el estudio de la mineralización del nitrógeno orgánico de los composts -con vistas a programar el plan de fertilización mineral complementario a aplicar- y de evaluar los efectos de los mismos tanto sobre las propiedades del suelo como sobre la cuantía y la calidad de las cosechas, en diferentes condiciones edafoclimáticas y culturales de la Comunidad Valenciana.

5 ► BIBLIOGRAFÍA

- **ABAD, M. Y PUCHADES, R. 2002**

"Compostaje de Residuos Orgánicos generados en La Hoya de Buñol (Valencia) con Fines Hortícolas". Ed. Asociación para la Promoción Socio-económica Interior Hoya de Buñol, Valencia.

- **ABAD, M.; CLIMENT, M. D.; ARAGÓN, P. Y CAMARERO, A. 1997**

The influence of solid urban waste compost and nitrogen-mineral fertilizer on growth and productivity in potatoes. Communications in Soil Science and Plant Analysis, 28: 1653-1661.

- **ABAD, M.; NOGUERA, P. Y BURÉS, S. 2001**

National inventory of organic wastes for use as growing media for ornamental potted plant production: case study in Spain. Bioresource Technology, 77: 197-200.

- **AGUILAR, F. J. Y GONZÁLEZ, P. 1998**

"Utilización Agrícola de Compost de Residuos Sólidos Urbanos en Cultivos Leñosos de la Provincia de Córdoba". Comunicación I + D 26/98. Junta de Andalucía-Consejería de Agricultura y Pesca, Sevilla.

- **CLIMENT, M. D.; ABAD, M. Y ARAGÓN, P. 1996**

"El Compost de Residuos Sólidos Urbanos (RSU). Sus Características y Aprovechamiento en Agricultura". Ediciones y Promociones LAV, S.L., Valencia.

- **DE BOODT, M.; VERDONCK, O. Y CAPPAERT, I. 1974**

Method for measuring the water-release curve of organic substrates. Acta Horticulturae, 37: 2054-2062.

- **DIPUTACIÓN PROVINCIAL DE VALENCIA 2000**

"Plan Estratégico para la Gestión y el Tratamiento de los Purines producidos por la Ganadería Porcina en la Provincia de Valencia". Documento interno elaborado por Europactizyme España S.L., Pamplona, y la Universidad Politécnica de Valencia.

- **FORTEZA, J.; RUBIO, J. L. Y GIMENO, E., COORD. 1995**

"Catálogo de Suelos de la Comunidad Valenciana". Generalitat Valenciana-Conselleria d'Agricultura, Pesca i Alimentació, Valencia.

- **GOLUEKE, C. G. 1972**

"Composting. A Study of the Process and its Principles". Rodales Press, Emmaus, Pennsylvania.

• **HEMMINGA, M. A. Y DUARTE, C. M. 2000**

"Seagrass Ecology". Cambridge University Press, Cambridge.

• **HOITINK, H. A. J. Y FAHY, P. C. 1986**

Basis for the control of soilborne plant pathogens with compost. Annual Review of Phytopathology, 24: 93-114.

• **INGELMO, F.; CANET, R.; IBÁÑEZ, M. A.; POMARES, F. Y GARCÍA, J. 1998**

Use of MSW compost, dried sewage sludge and other wastes as partial substitutes for peat and soil. Bioresource Technology, 63: 123-129.

• **KHALEEL, R.; K. R. REDDY Y OVERCASH, M. R. 1981**

Changes in soil physical properties due to organic waste applications: a review. Journal of Environmental Quality, 10: 133-141.

• **MAPA - MINISTERIO DE AGRICULTURA, PESCA Y ALIMENTACIÓN 1994**

"Métodos Oficiales de Análisis. Tomo III". Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, Madrid.

MAROTO J.V. 2002. "Horticultura Herbácea Especial". 5ª ed. Ediciones Mundi-Prensa, Madrid.

• **ORQUÍN, R.; ABAD, M.; NOGUERA, P.; PUCHADES, R.; MAQUIEIRA, A.; NOGUERA, V. Y DE LA IGLESIA, F. 2001**

Composting of Mediterranean seagrass and seaweed residues with yard waste for horticultural purposes. Acta Horticulturae, 549: 29-35.

• **PASAMAR, M. A. 2002**

"Efecto de la adición de compost de residuos orgánicos sobre las propiedades del suelo y el desarrollo de diversas especies hortícolas". Trabajo Fin de Carrera. EUITA-UPV, Valencia.

• **RICHARDS, L. A., Ed. 1982**

"Diagnóstico y Rehabilitación de Suelos Salinos y Sódicos". 6ª ed. 4ª reimpresión. Ed. Limusa, S.A., México D.F.

• **VAN GENUCHTEN, M. T. 1980**

A closed-form equation for predicting the hydraulic conductivity of unsaturated soils. Soil Sci. Soc. Am. J., 44: 892-898.